

PAT-NO: JP362027723A  
DOCUMENT- IDENTIFIER: JP 62027723 A  
TITLE: WAVEGUIDE TYPE OPTICAL SWITCH  
PUBN-DATE: February 5, 1987

INVENTOR- INFORMATION:

NAME  
OKAYAMA, HIDEAKI  
WATANABE, KEISUKE  
KUSUMOTO, SHIGEHIRO

ASSIGNEE- INFORMATION:

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| NAME                    | COUNTRY |
| OKI ELECTRIC IND CO LTD | N/A     |

APPL-NO: JP60167316

APPL-DATE: July 29, 1985

INT-CL (IPC): G02F001/31, G02B006/12

US-CL-CURRENT: 349/106, 385/17

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain an optical switch adapted to the constitution of a matrix switch by forming the whole or a part of the crossing part between the first and second waveguides and the parts of input and output ports of waveguides with curved waveguide areas having the radiiuses of curvature whose signs are opposite to each other and absolute values are equal to each other.

CONSTITUTION: The fist and second waveguides 10 and 12 are provided on a substrate. In this case, the radius of curvature of a center line C<SB>1</SB> of the first waveguide 10 is set to a positive R and that of a center line

C<SB>2</SB> of the second waveguide 12 is set to a negative R, and curved waveguide areas 14 and 16 having the same width are provided along center lines C<SB>1</SB> and C<SB>2</SB>. The crossing area 19 of a crossing part 18 is so formed that curved waveguide areas 14 and 16 of the first and second waveguides 10 and 12 cross each other to bring center lines C<SB>1</SB> and C<SB>2</SB> into contact with each other at a point A. Thus, both of the first and second waveguides 10 and 12 are formed with the ring- shaped waveguide areas having the same radius of curvature from input ports 10a and 12a to the output ports 10b and 12b.

COPYRIGHT: (C)1987, JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報 (A) 昭62-27723

⑬ Int. Cl.

G 02 F 1/31  
G 02 B 6/12

識別記号

庁内整理番号

A-7348-2H  
8507-2H

⑭ 公開 昭和62年(1987)2月5日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 導波型光スイッチ

⑯ 特願 昭60-167316

⑰ 出願 昭60(1985)7月29日

⑱ 発明者 岡山 秀彰 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内  
 ⑲ 発明者 渡辺 敏介 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内  
 ⑳ 発明者 楠本 茂宏 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内  
 ㉑ 出願人 沖電気工業株式会社 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号  
 ㉒ 代理人 弁理士 大垣 孝

## 明細書

1. 発明の名称 導波型光スイッチ

2. 特許請求の範囲

(1) 入力ポートと出力ポートとの間の中心側で互いに一部分が交差して共通の交差領域を形成している交差部を有する第一及び第二導波路と、該交差部上に少なくとも部分的に形成された電極とを具え、該電極に印加する電圧によって前記交差部の屈折率を変えてスイッチ動作をするように構成した導波型光スイッチにおいて、

前記第一及び第二導波路は、互いに符号が異なり大きさが等しい一定の曲率半径の中心線に沿ってそれぞれ形成された、同一幅の湾曲導波路領域を有し、

前記交差部は、前記第一及び第二導波路のそれぞれの湾曲導波路領域を交差させて成る交差領域を含む

ことを特徴とする導波型光スイッチ。

(2) 交差部は第一及び第二導波路のそれぞれの湾曲導波路領域の交差領域のみから成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の導波型光スイッチ。

微とする特許請求の範囲第1項記載の導波型光スイッチ。

(3) 交差部は第一及び第二導波路のそれぞれの湾曲導波路領域の、入力ポート及び出力ポート側の交差領域間に第一及び第二導波路に共通の直線交差領域を有していることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の導波型光スイッチ。

(4) 第一及び第二導波路の中心線は交差部において屈曲点を有していることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の導波型光スイッチ。

(5) 交差部は第一及び第二導波路のそれぞれの中心線が互いに一点で接触するように第一及び第二導波路の湾曲導波路領域が交差して成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の導波型光スイッチ。

(6) 交差部は第一及び第二導波路のそれぞれの中心線が離間しつつこれら中心線の外側の湾曲導波路領域部分において交差して成ることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の導波型光スイッチ。

## 3.発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

この発明は導波路中を進む光の進行方向を電気的に偏振する導波型光スイッチに関する。

## (従来の技術)

従来から種々のタイプの導波型光スイッチが提案されている。これら導波型光スイッチの一種として、マトリックススイッチの構成上有利とされている交差導波路型光スイッチが提案されている(文献「昭和59年度電子通信学会総合全国大会講演予稿集(講演番号1071) p 4 - 125」)。

先ず、第4図(A)及び(B)並びに第5図(A)及び(B)を参照して、この従来提案された交差導波路型光スイッチについて説明する。

第4図(A)及び(B)はそれぞれ基板面に対して垂直な方向から見た導波型光スイッチ(以下単に、光スイッチと称する場合もある)の平面図である。

第4図(A)の光スイッチは平面的に見て第一及び第二直線導波路40及び42を互いに交差させ、両

42b側での第一及び第二導波路40及び42間の開き角 $\alpha$ を交差角よりも大きく設定し、交差部44上に一個の電極50を設けた構造例を示しているが、この場合にも上述した文献からこの開き角 $\alpha$ は小さいほど導波光の損失が小さくなり、特に約0.45°程度よりも小さいと実質的に損失が零となることが報告されている(前出の文献)。

このような従来の導波型光スイッチ(素子ともいう)の構造であると、基本的には素子長を1mm程度にまで短くすることが出来るので、光スイッチの小型化を図ることが出来ると共に、素子長に対する動作電圧の大きさを方向性結合器型光スイッチの場合よりも小さくすることが出来る等の特色を有している。

このような構成の従来の光スイッチを用いてマトリックススイッチを構成する場合の具体例を第5図(A)及び(B)の説明図を参照して説明する。この光スイッチの交差長を4mmとする。

この場合、第5図(A)に示すように光スイッチ52及び54と光スイッチ56とを直線導波路58及び60

導波路が直なり合った部分を共通の導波路領域44として形成している。この共通導波路領域44を交差部とし、この交差部44の始点44aから終点44bまでの長さを交差部長とする。46及び48はこの交差部44の始点44a及び終点44bを結ぶ直線(交差部の長さ方向)に沿って導波路上に設けられた二つの電極である。これら電極46及び48に電圧を印加すると、交差部44の屈折率が変わり光の干渉を制御出来る。この光スイッチはこの光の干渉の制御を行って入力ポート40a及び又は42aからの光を出力ポート40b及び又は42bへと導波してスイッチングを行うような構造となっている。

この構造では、第一及び第二導波路40及び42の交差部44の始点44a及び終点44bでの交差角 $\theta$ を0.45°程度よりも小さく設定すれば導波光の損失を実質的に零とすることが出来ることが報告されている(前出の文献)。

第4図(B)は第4図(A)の交差部と同一の交差部を有するが、その始点44aから入力ポート40a及び42a側及び終点44bから出力ポート40b及び

42b側での第一及び第二導波路40及び42間の開き角 $\alpha$ を交差角よりも大きく設定し、交差部44上に一個の電極50を設けた構造例を示しているが、この場合にも上述した文献からこの開き角 $\alpha$ は小さいほど導波光の損失が小さくなり、特に約0.45°以下にする必要がある。このとき、隣接する光スイッチ52及び54のそれぞれの交差部間の間隔を4.0mmとする。光スイッチ54の交差部の終点44bと、光スイッチ56の交差部の始点44aとの間隔は交差部の長さ方向に測って5mmとなっている。

又、第5図(B)に示すように、直線導波路の変りにS字型導波路82及び84を用いて光スイッチ52及び54をそれぞれ光スイッチ56に接続する場合には、S字型導波路の曲率半径Rは約5.0mm程度かそれ以下となる。また、S字型導波路と光スイッチとの組合せであると、S字型導波路の部分を含めた一個の光スイッチの導波路の接続点は、S字型導波路の曲率半径の符号の変りめ点が4箇所あり、交差部の始点及び終点でそれぞれ2箇所あるので、全体で8箇所の接続点を有する構造となる。

## (発明が解決しようとする問題点)

このように、従来の交差導波型光スイッチの構造では、これら光スイッチを用いてマトリックススイッチを構成する場合、交差角θ或いは開き角υを0°~45°程度以下とするのが導波光損失を低減する上で好ましいが、光スイッチ間の間隔を小さくするためには、これらの角度を大きくしなければならず、導波光損失を大きくしてしまうという問題点があった。

さらに、S字型導波路を用いてマトリックススイッチを構成する場合には、設計が複雑となるばかりか、S字型導波路の曲率半径Rを小さくしなければならず、従って、導波路が急激にカーブを描くこととなり、導波光の損失を大きくする原因となるという問題点があった。

さらに、S字型導波路を用いる場合には、光スイッチ一個当たりの接続点が8個となるため、この接続点での導波光損失が大きくなるという問題点があった。

これら第一及び第二導波路の交差部の交差領域は、それぞれの湾曲導波路領域を部分的に交差させて、形成する。

さらに、光スイッチは、この交差部上に少なくとも部分的に形成された一側の電極又は二個以上の個別電極を具え、電極に印加する電圧によって交差部の屈折率を変えて光の干渉を制御し、よって、入力ポートからの入力した光をオン又はオフに切り換えて出力ポートに導出させるようにスイッチ動作をさせる構造となっている。

この発明の実施に当っては、交差部を、第一及び第二導波路のそれぞれの湾曲導波路領域の交差領域のみで、構成するのが好適である。

また、この発明の実施に当り、交差部は第一及び第二導波路のそれぞれの湾曲導波路領域の、入力ポート側の交差領域と出力ポート側の交差領域との間に設けた第一及び第二導波路に共通の直線交差領域を有していても良い。

また、この発明の好適実施例では、交差部を、第一及び第二導波路のそれぞれの中心線が交差部

この発明の目的は、上述した従来の光スイッチが有する問題点を解決し、マトリックススイッチの構成に適した構造の導波型光スイッチを提供することにある。

## (問題点を解決するための手段)

この発明の目的の達成を図るため、この発明の導波型光スイッチによれば、次のような手段を探る。

基板に第一及び第二導波路を具えていて、これら導波路は入力ポートと出力ポートとの間の中心線で互いに一部分が交差して共通の交差領域を形成している交差部を有する。

そして、これら第一及び第二導波路は、互いに符号が異なり大きさが等しい一定の曲率半径の中心線に沿ってそれぞれ形成された、同一幅の湾曲導波路領域を有している。例えば、第一導波路の曲率半径を正とし、第二導波路の曲率半径を負とする。従って、これら湾曲導波路を、その中心線の曲率中心が導波路を境として互いに反対側に位置するように構成する。

において屈曲点を有するように、構成しても良い。

さらに、交差部は第一及び第二導波路のそれぞれの中心線が互いに一点で接続するように第一及び第二導波路の湾曲導波路領域を交差させて形成しても良い。

また、交差部を、第一及び第二導波路のそれぞれの中心線が離間しつつこれら中心線の外側の湾曲導波路領域部分において交差するように、構成しても良い。

## (作用)

このように、この発明の導波型光スイッチによれば、第一及び第二導波路の交差部の全部又は一部分を及びこれら導波路の入力ポート及び出力ポートの部分を互いに正負反対の符号の、同一の大きさの一定の曲率半径の湾曲導波路領域で形成しているので、この光スイッチを用いてマトリックススイッチを形成する場合、各光スイッチの湾曲導波路領域を直接にスムーズに接続することが出来る。また、この曲率半径を大きくとって第一及

び第二導波路間の開き角を0.45°よりも小さくすることが出来る。このような点から、この発明の導波型光スイッチは従来の導波型光スイッチよりも導波光の損失を20dB/cm以上減少させることが出来る。

また、この発明の光スイッチの導波光損失を從来と同程度に抑える場合には、導波路及び基板の屈折率差を従来の場合よりも1桁小さくすることが出来るので、この発明の光スイッチの設計及び製作が容易となる。

さらに、光スイッチ一個当たりの接続点も湾曲導波路領域の曲率半径の符号が反転する4箇所のみであるので、この発明の光スイッチの設計及び製作が従来の場合よりも容易となる。

#### (実施例)

以下、図面を参照してこの発明の実施例について説明する。

この発明の光スイッチは二つのモードを導波する導波路のモード間干渉効果を利用する導波型光スイッチであって、導波路を二つの湾曲(曲線)

び第二導波路10及び12の两者共、入力ポート10a及び12a側から出力ポート10b及び12b側へと、同一の曲率半径の環状の導波路領域のみで形成されている。

尚、この第1図(A)において、交差部18の始点を18aとし及び終点を18bとして示してあり、これらを結ぶ直線の方向が交差部18の長さ方向である。

また、交差部18の中心点Aから出力ポート10b及び12bの位置側の、交差部18の長さ方向に沿って測った距離をxとし及びこのx方向に直交する方向に沿って測った点Aから出力ポート10b及び12bの位置側に測った距離をyとする。

この実施例の構造では、交差部18の始点18a及び終点18bの間では二つのモードが伝搬する導波路となり、この交差部18の上側に少なくとも部分的に一個または二個以上の分離された電極を設ける。

第1図(B)は光スイッチの電極配置例を示す斜視図で、基板20に形成した第一及び第二導波路10

導波路(例えば環状の導波路の一部分)を部分的に交差させて重ね合わせた形状とし、この交差部の少なくとも一部分上に電極を設けた構造となっている。

第1図(A)はこの発明の一実施例を示す、基板面に対し直交する方向から見た要部平面図である。

この実施例では、基板(図示せず)例えばLiNbO<sub>3</sub>-z板に第一及び第二導波路10及び12を設ける。この場合、第一導波路10は、中心線C<sub>1</sub>の曲率半径を正のR及び第二導波路12は、中心線C<sub>2</sub>の曲率半径を負のRとし、そして、これら中心線C<sub>1</sub>及びC<sub>2</sub>に沿って同一幅の湾曲導波路領域14及び16をそれぞれ具えている。

この実施例では、交差部18の交差領域19は第一及び第二導波路10及び12のそれぞれの湾曲導波路領域14及び16を、それぞれの中心線C<sub>1</sub>及びC<sub>2</sub>が互いに一点A(この点Aは交差部の長さ方向の中心点でもある)で接觸するように、交差させて形成している。従って、この実施例では、第一及

及び12の上側に、交差部18の長さよりもやや長い二つの電極22及び24を、始点18aと終点18bとを結ぶ線を挟んで離間して並置した例である。この例では、電極22及び24は交差部18に部分的に重なるよう設けてある。

第1図(C)に示す例では、電極28を一個とし、これを交差部18の始点18aと終点18bとを結ぶ線上に設けた例を示す。この場合の電極配置は、LiNbO<sub>3</sub>-z板等の基板に垂直方向の電場を印加したときに屈折率が大きく変化する物質に対し、効果的に適用出来る。

いづれの電極配置であっても、この電極22及び24、或いは、28に電圧を印加して交差部18の屈折率を変えて干渉を制御し、よって導波光のスイッチオン及びオフを行ってスイッチング動作を行わせることが出来る。

第2図は第1図(A)で示した光スイッチを用いてマトリックススイッチを構成する例を説明するための説明図である。

今、第1図(A)に示した距離 $x$ は距離 $y$ 及び曲率半径 $R$ から約

$$x = \sqrt{2Ry} \quad (1)$$

で与えられる。交差部18の始点18aと終点18bとの間の距離を $2x$ とし、この距離を4mmとし、導波路の幅すなわち第一及び第二導波路10及び12の出力ポート10b及び12bを通る中心線 $C_1$ 及び $C_2$ 間の距離 $2y$ を0.008mmとすると、 $R = 500\text{mm}$ となる。また、始点18a及び終点18bでの開き角 $\psi$ は約

$$\psi = 2 \sin^{-1}(x/R) \quad (2)$$

で与えられるので、上述した条件では、 $\psi \approx 0.45^\circ$ となる。

また、第2図に示すように、光スイッチ32及び30の間隔を4.0mmとしたとき、光スイッチ32の交差部の終点18bと、光スイッチ34の交差部の始

設計は従来よりも容易となる。

また、曲率半径の大きさが等しいこの発明の光スイッチを用いてマトリックススイッチを構成することができるので、従来のように曲率半径の異なる導波路或いは直線導波路を用いて光スイッチを接続させてマトリックススイッチを構成したときに生じる光強度分布の不一致及び曲率によって生じる導波光損失もほとんど生じない。従って、この発明及び従来の光スイッチの導波路の屈折率を同一とした場合には、従来よりも20dB/cm以上光損失が低減する。

また、従来技術と同じ導波光損失に抑える場合には、導波路及び基板の屈折率差を従来よりも1桁小さくすることが出来る。

この発明は上述した実施例にのみ限定されるものではない。以下、他の実施例につき説明するが、第1図(A)に示した構成成分と同一の構成成分については同一の符号を付して示し、その詳細な説明を省略する。

点18aとの間の $x$ 方向に沿った方向に測った距離は式(1)より2mmとなる。

この結果を既に説明した従来のマトリックススイッチの数値と比較すると、第5図(A)で示した従来例では、前段の光スイッチ54と次段の光スイッチ56との間の $x$ 方向の距離は5mmであったが、この発明のマトリックススイッチではその距離は2mmとなり、2.5分の1の長さとなる。従って、マトリックススイッチの大きさが、従来に比べて2/3以下となる。

また、第5図(B)に示した従来例でS形導波路の曲率半径は50mm以下であったが、この発明のマトリックススイッチでは500mm程度と約10倍大きくなるので、導波路での光の閉じ込めが良くなり、導波光損失が減少する。

また、この発明の光スイッチの場合には、スイッチ1個当たりの接続点は曲率半径の符号が変る4箇所のみであるが、第5図(B)の従来の光スイッチの場合には8箇所である。従って、この発明の光スイッチを用いるマトリックススイッチの

第3図(A)に示す実施例は、第1図(A)の構成でA点で交差部18の長さ方向と直交する方向に切断し、その切断した所に直線交差領域38を挿入した構成となっている。従って、交差部18は第一及び第二導波路10及び12のそれぞれの湾曲導波路領域14及び16の、入力ポート及び出力ポート側の交差領域間に第一及び第二導波路10及び12に共通の直線交差領域38を有する。この構成では、直線交差領域38の長さを調節することにより、動作電圧の制御を行うことが出来る。

第3図(B)は、第1図(A)の構成で交差部18の長さ方向と直交する方向に二箇所で切断して一部分を切り取り、その二箇所の切断箇所を直接接続した構成となっている。これがため、第一及び第二導波路10及び12のそれぞれの中心線 $C_1$ 及び $C_2$ は交差部18において屈曲点 $X_1$ 及び $X_2$ を有している。この実施例の構成では、第3図(A)の場合と同様に、切り取る部分の長さを調整することにより、動作電圧を調整することが出来る。

さらに、第3図(C)に示す実施例では、第一及

び第二導波路10及び12のそれぞれの中心線C<sub>1</sub>及びC<sub>2</sub>が互いに離間し、かつ、それぞれの湾曲導波路領域のうちこれら中心線C<sub>1</sub>及びC<sub>2</sub>の外側に位置する部分において部分的に交差して交差領域18を形成している。

さらに、第3図(D)に示す実施例の構成は、第1図(A)に示す実施例とほぼ同一であるが、この実施例では、交差領域18の屈折率を交差領域以外の湾曲導波路領域14及び16の部分よりも高くしてあり、動作電圧の低下及び散乱損失の低下を図ることが出来る。

尚、上述した実施例は單なる一例であって、この発明はこれら実施例に限定されるものではない。例えば、この光スイッチの各構成成分の寸法は上述した値のみならず、導波光損失が低減するような別の値を設定することが出来る。

また、光スイッチを構成する材料も通常任意好適な材料を使用することが出来る。

#### (発明の効果)

上述した説明からも明らかのように、この発明

の導波型光スイッチによれば、この光スイッチを多段用いてマトリックススイッチを構成した場合、導波光の損失を従来よりも大幅に低減することが出来る。

さらに、この光スイッチを用いてマトリックススイッチを構成する際に、従来に比べて設計が大幅にし易くなる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(A)はこの発明の導波型光スイッチの実施例を示す略図的平面図。

第1図(B)及び(C)は第1図(A)の導波型光スイッチに設けた電極の配置図。

第2図はこの発明の導波型光スイッチを用いて構成するマトリックススイッチの説明に供する説明図。

第3図(A)～(D)はこの発明の導波型光スイッチの他の実施例をそれぞれ示す略図的平面図。

第4図(A)及び(B)は従来の導波型光スイッチの略図的平面図。

第5図は従来のマトリックススイッチの説明に供する説明図である。

10…第一導波路

10a、12a…入力ポート

10b、12b…出力ポート

12…第二導波路

14、16…湾曲導波路領域、18…交差部

18a…(交差部の)始点

18b…(交差部の)終点

18…交差領域、

20…基板

22、24、26…電極

30、32、34…導波型光スイッチ

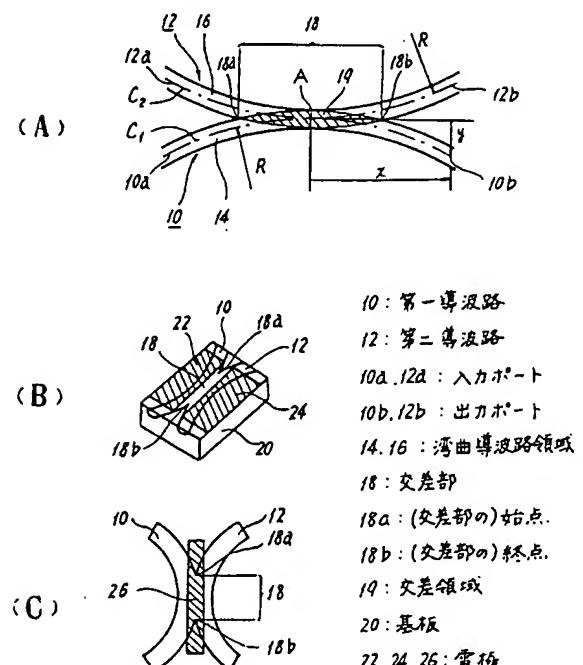
36…直線交差領域

C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>…中心線

R…曲率半径

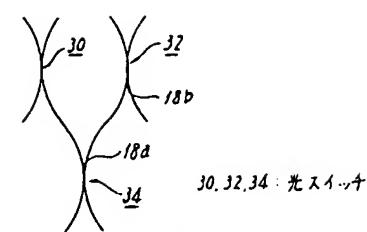
A…交差部の長さ方向の中心点

X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>…中心線の屈曲点。

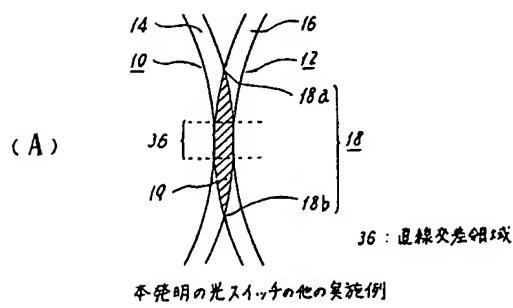


この発明の光スイッチ

第1図



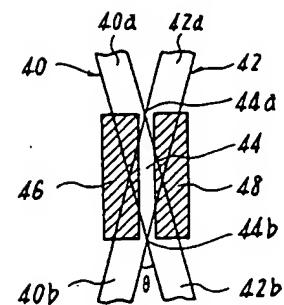
マトリックススイッチの説明図  
第2図



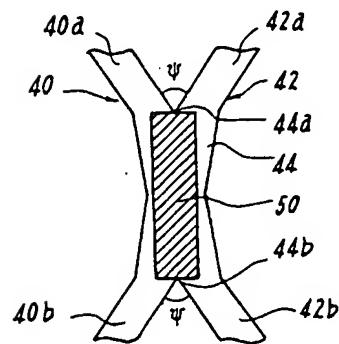
本発明の光スイッチの他の実施例

第3図

(A)

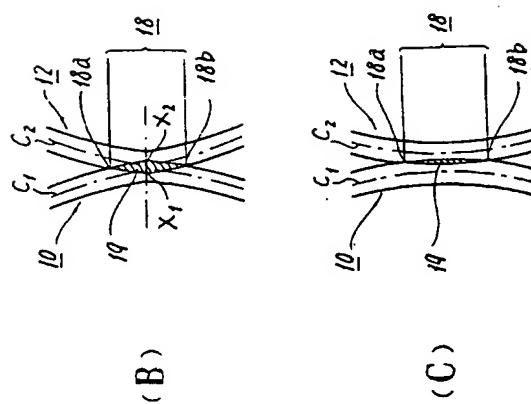


(B)

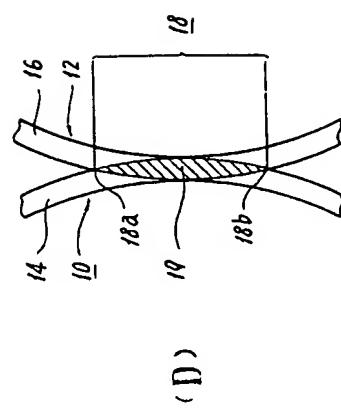


従来の導波型光スイッチの平面図

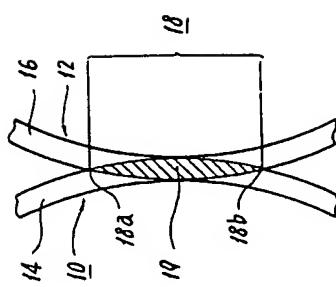
第4図



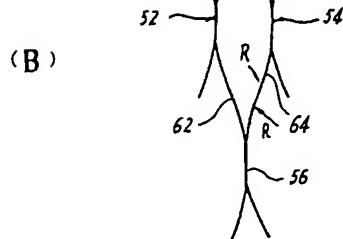
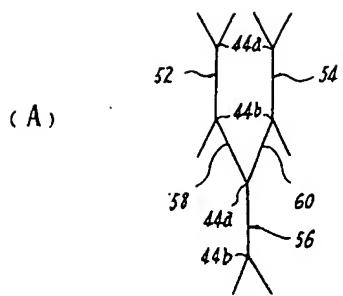
本発明の光スイッチの他の実施例  
第3図



(C)



## 手続補正書



従来のマトリックススイッチの説明図

第5図

昭和61年7月22日  
 特許庁長官 黒田 明雄 殿  
 1 事件の表示 昭和60年特許願167316号  
 2 発明の名称 導波型光スイッチ  
 3 補正をする者 事件との関係 特許出願人  
 住所 (〒-105) 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号  
 名称 (029)沖電気工業株式会社  
 代表者 橋本 南海男  
 4 代理人 〒170 ☎ (988)5583  
 住所 東京都豊島区東池袋1丁目20番地5  
 池袋ホワイトハウスビル805号  
 氏名 (8541)弁理士 大垣 孝  
 5 補正命令の日付 自発  
 6 補正の対象 発明の詳細な説明の欄及び図面 61.7.22  
 7 補正の内容 別紙の通り

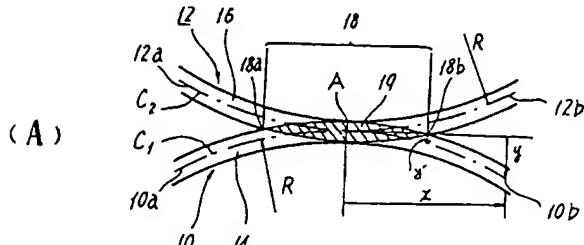


(1) 明細書、第15頁第1行「距離y及び」を「距離y(又はy')及び」と訂正し、

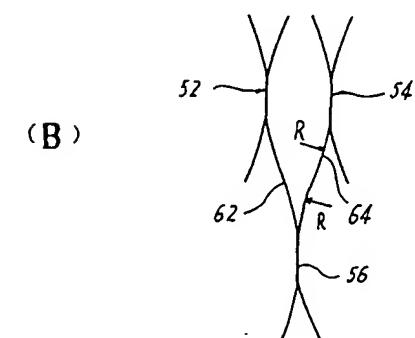
同頁、第7行「の出力ポート10b及び12b」を削除し、

同頁、第8行「C<sub>2</sub>間の距離」を「C<sub>2</sub>間の18a又は18bにおける距離」と訂正する。

(2) 図面の第1図(A)及び第5図(B)を、添付の訂正図の通り訂正する。



第1図



従来のマトリックススイッチの説明図

第5図